

О падении тел. О трении

В этом отделе разобраны различные случаи движения тяжестей: речь идет о движении по наклонной плоскости (134–140), о падении тяжестей и связи этого падения в воздухе с формой тел (142–145)*.

Леонардо пытается установить закон, которому подчиняется скорость падения тел (147–148), и определить силу удара падающего или движущегося тела (149–150). Движение горизонтально брошенного тела и связанная с ним проблема «сложного impeto» — тема отрывков 151–153. Один из видов движения, в котором мы имеем дело со «сложным impeto», — вращательное — с практическим его использованием рассматривается в отрывках 154–157.

Из дальнейших отрывков видно, однако, что теория Леонардо не является теорией impeto в чистом ее виде, усваивая некоторые элементы более старых теорий: так, явление ускорения относится за счет роли воздуха (157–160), участие которого в движении тел рассматривается дальше (161).

Более частные явления падения тел, подчас картинно описанные, рассматриваются в отрывках 162–167: здесь мы имеем наблюдение над падением воды в водостоках (162–163), над истечением жидкостей (164–165), над пеной и брызгами низвергающихся вод (166–167).

Отрывки 168–170 трактуют о проблемах трения, частично предвосхищая наблюдения XVIII в.

* Та же тема о связи движения и формы тел применительно к воде — в отрывке 146.

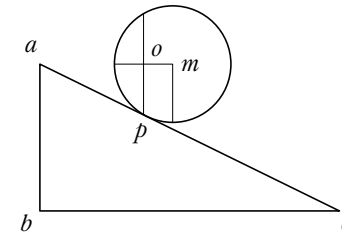
134 А. 22 г.

Совершенная сфера, находящаяся на совершенной плоскости, не будет иметь движения, пока не сообщитшь его ей.

135 С. А. 210 v. a.

Сферическое тяжелое тело получит движение тем более быстрее, чем более касание его с местом, где оно движется, будет удалено от перпендикуляра центральной его линии.

Насколько ac длиннее ab , настолько медленнее шар будет падать по своему пути ac , нежели по линии ab , и настолько медленнее, сколько раз часть p содержится в части o , потому что при m полюсе шара, если бы над m была только часть o и не имела бы незначительного противодействия p , то она падала бы тем более быстрее, сколь o содержится в p , то есть если p содержится в o сто раз, то она упадет медленнее на одну сотую того времени, в которое упала бы, если бы части p не было.

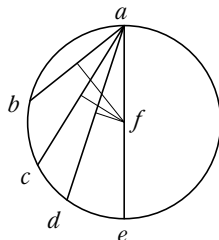


Леонардо исходит из того, что в случае нахождения шара на горизонтальной плоскости центр его тяжести и точка касания находятся на одной вертикали — на одной «центральной» линии, по терминологии Леонардо. Чем круче плоскость, тем точка касания дальше от вертикали, проходящей через m , тем меньше часть p , лежащая по левую сторону от вертикали, проходящей через o , тем больше часть, лежащая по правую сторону. Вместе с тем скорость тем больше.

136 Br. M. 12 г.

Та тяжесть оказывается большей и движется с большей скоростью и по более длинному пути, которая по менее наклонной линии опускается.

Ср. чертеж. Наклон Леонардо измеряет здесь углом, образуемым диаметром ae и хордами ab , ac , ad . Он утверждает, что тело остановится в центре мира f или на пересечениях перпендикуляров, опущенных из f на хорды. Этим объясняются слова: «по более длинному пути».



137 Br. M. 76 v.

Если по двум различным наклонам будут опускаться два груза и отношение между наклонами и грузами будет одно и то же, тогда в грузах будет одна и та же быстрота опускания.

Леонардо настаивает на равенстве тяжестей. Как известно, и в случае неодинаковых тяжестей скорость будет одинаковой. Это обстоятельство было впервые отмечено лишь Галилеем.

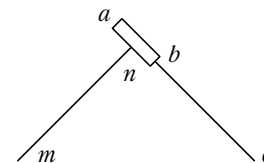
138 G. 39 г.

Равные тяжести, помещенные на равных наклонах, будут иметь равные движения с равными скоростями и временами.

139 G. 75 г.

Однородное тяжелое тело, опускающееся по наклону, делит вес свой по двум различным направлениям. Доказательство. Пусть

ab будет движимое, расположенное на наклоне abc ; я утверждаю, что вес тяжелого тела ab делит тяжесть его по двум направлениям, а именно по линии bc и линии nm ; почему иногда вес для одного направления больше, чем для другого, и каков тот наклон, который делит оба веса на равные части, об этом сказано будет в книге «О тяжестях».



Этот отрывок показывает, что принцип разложения сил был Леонардо известен. Однако всестороннего представления о нем Леонардо не имел, так же как и о принципе параллелограмма сил. Ср. примеч. к 185.

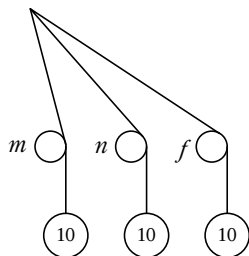
140 A. 24 г.

Вода, падающая по линии более близкой к перпендикуляру, опускается быстрее и производит больший удар и грузность в месте, о которое ударяется.

Этот отрывок вошел в Т. А. V, 28. В этом последнем списке делается ссылка на V, 21, где сказано: «Та вода быстрее, которая опускается по более наклонной линии. Доказывается в 27-й гл. 2-й книги, утверждающей, что вода становится тем быстрее, чем больший наклон имеет». В свою очередь, II, 27 отсылает к I, 4, где доказывается, что «вода не движется, если только не опускается вниз, и, следовательно, больше будет двигаться там, где опускание ее будет большее». Яркий пример того, как позднейшие составители «Трактата о воде» навязывали Леонардо дедуктивную последовательность демонстраций.

141 С. А. 346 v. d.

Спрашиваю: какой из канатов, f , n или m , более ощущает тяжесть подвешенных грузов в 10 фунтов, и на сколько, и почему?



Шустер, а за ним Харт полагали, что Леонардо смешивал вопрос о неподвижных блоках с вопросом о наклонной плоскости и что роль их в качестве средства изменять направление силы была ему неизвестна. Их утверждение было основано на неправильном чтении текста и внесении в чертёж отсутствующей в нем буквы o (в точке встречи трех канатов). При правильном чтении текста рушится все предположение (Шустер и Харт читали: «Какой из канатов of , on или om », вместо: «какой из канатов f , n или m »).

142 С. А. 354 v.

Всякая тяжесть в себе самой весит по направлению своего движения, в направлении к тому месту, куда движется.

143 Е. 57 г.

О движении, совершаемом тяжестью. Всякая тяжесть движется в ту сторону, с какой больше весит.

И движение тяжести совершается в ту сторону, где она меньшее сопротивление находит.

Более тяжелая часть движущихся в воздухе тел дает направление их движениям.

Та тяжесть более медленно опускается в воздухе, которая падает большей шириной.

Следует, что более быстро опускаться будет та тяжесть, которая сократит свою поверхность.

Свободное падение всякой тяжести совершается по линии ее наибольшего диаметра.

Та тяжесть делается более быстрой, которая сокращается в более компактное тело.

Опускание тяжести тем более медленно, чем больше вширь она простирается.

144 Е. 37 г.

Птица тем более разворачивает крылья, чем более медленное движение имеет ее полет, и это на основании 7-й «Элементов», гласящей: «То тело будет легче, которое бóльшую ширину приобретает».

145 Е. 37 v.

Птица, которая опускается, тем более быстрой становится, чем более сжимает крылья и хвост. Доказывается 4-й «О тяжести», гласящей: «То тяжелое тело опускается быстрее, которое меньший объем воздуха занимает».

Та птица оказывается более быстрой при опускании своем, которая опускается по линии меньшего наклона. Доказывается 2-й «О тяжести», гласящей: «То тяжелое тело быстрее, которое опускается по более короткому пути».

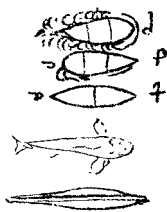
Птица, опускаясь, замедляет движение свое тем более, чем шире разворачивается. Доказывается 5-й «О тяжести», гласящей: «То тяжелое тело медленнее опускается, которое шире простирается».

Птица, отражаясь, тем выше поднимается, чем шире делается; доказывається 15-й «О пространственном движении», гласящей: «То тяжелое тело, которое по линии движения своего меньшее количество воздуха занимает, скорее сквозь него проходит». Следовательно, наибольшее расширение крыльев производит наибольшее сокращение толщины птицы, и, таким образом, импульс ее отраженного движения испытывает меньшее препятствие, отчего она больше поднимается в конце этого отражения.

Этот отрывок в сопоставлении с 152 показывает, что изучение движения тел в воздухе стимулировалось у Леонардо двумя практическими интересами — авиацией и баллистикой. Ср. еще 91–92.

146 G. 50 v.

Эти три судна одинаковой ширины, длины и глубины, будучи движимы равными силами, произведут разные скорости движения; ибо судно, поворачивающее более широкую свою часть вперед, — более быстро и по форме подобно птицам и рыбам-долгоперам, и судно это рассекает по бокам и перед собою большое количество воды, которая затем круговращениями своими толкает судно на две трети сзади, и обратное делает судно *dc*, а *ef* — по движению среднее между двумя вышеуказанными.



Вошло в Т. А. VII, 48.

147 M. 44 v.

В одинаково плотном воздухе падающий груз в каждый отрезок времени увеличивается на единицу движения по сравнению с предшествующим отрезком времени и также по сравнению с предшествующей скоростью на единицу скорости. Так в двойное время удваивается длина падения, равно как и скорость движения.

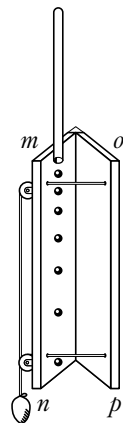
Как известно, скорость действительно удваивается, но путь изменяется пропорционально квадратам времени. Ср. примеч. к 91.

Отрезок, единица — так мы передаем Леонардов *grado*, собственно «степень», термин, одинаково прилагаемый к экстенсивным и интенсивным величинам.

148 T. A. V, 24.

Дабы на опыте изучить соотношение интервалов при падении воды одинакового и однородного веса, пусть будет поставлена внизу по перпендикулярной линии доска и пусть будет хорошенько покрыта глиною, смешанною с паклей, и с ней пусть будет в виде книги соединена доска *op*, и пусть можно ее сразу, как видишь, стягивать двумя веревками; и на верхнем конце этой покрытой глиной доски пусть будет помещен нижний конец трубки, снизу закупоренной и наполненной шариками одинакового веса и формы; затем хорошенько укрепи трубку и покрытую глиной доску, и открой трубку, и, когда увидишь первый шарик на середине доски, внезапно приведи в действие противовес, и обе доски сожмутся, все падавшие шарики застрянут в этой глине, и ты сможешь затем измерить соотношение различных их интервалов. И если захочешь ты увидеть падение воды, сделай то же с просом, высыпаящимся из четверика, и взвесь затем от

локтя к локтю и увидишь, который из локтей содержит его более.



149 Т. А. V, 30.

Удар, производимый непрерывно падающей водой о место, о которое она ударяется, оказывается не такой силы, каков удар твердого тела из вещества, весящего столько же, сколько то же количество воды. Ибо вес производящей удар воды опустился в первом слое на всю высоту ее падения и опустится на десять локтей, когда второй опустится на девять, третий на восемь и четвертый на семь и т. д., так что когда первый производит удар, последний опускаться еще не начал. Но когда падает твердое тело, движение ударяющейся части такое же, каково движение части противоположной.

150 Е. 27 v.

Та стенобитная машина, которая производит большой треск, — меньшего действия. Доказывается 9-й «Об ударе», гласящей: «Из движущихся тел при равной силе движителя и сопротив-

ления среды то́ тело, которое ударяется с тем же движением большей своей частью, больший произведет треск и меньший удар; и, наоборот, то, которое будет ударять меньшей частью, меньше произведет треска и глубже проникнет в место, испытывавшее удар». В качестве примера приведена шпага, ударяемая плашмя и острием, причем в одном случае удар производит большой шум и малое проникновение, в другом — глубокое проникновение и мало шума.

151 I. 120 r.

Спрашивается, в какой части криволинейного своего движения причина, которая движет, покинет движимый предмет или движимое.

Поговори с Пьетро Монти о подобных способах пускать стрелы.

Пьетро Монти — военный инженер, богослов, миланец по происхождению, написавший в Испании трактат, который в 1492 г. был переведен на латинский и издан в Милане под заглавием *De dignoscendis hominibus*. Здесь встречаем резкие нападки на некромантию и медиков, на принцип авторитета. Здесь же — защита опыта. Все это черты, роднящие его с Леонардо. Леонардо находился в Милане в личном общении с Монти.

152 А. 4 r.

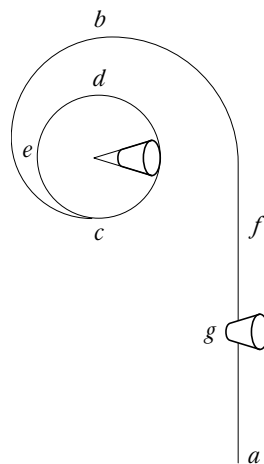
Камень или другая какая тяжесть, брошенная с силой, изменит линию своего движения на середине пути. И если ты знаешь, что твой самострел стреляет на 200 локтей, встань на расстоянии ста локтей от колокольни, поставь над колокольней точку прицела и спусти стрелу; увидишь, что на 100 локтей за колокольней стрела вонзится по отвесу, и если увидишь, что это так, то это знак, что она прекратила насильственное движение

и вступила в движение естественное, то есть что, будучи тяжелой, она свободно падала к центру.

Леонардо было известно, что обе части траектории горизонтально брошенного тела (стадия «насильственного» и стадия «естественного» движения) переходят одна в другую непрерывно и незаметно. В его чертежах мы не находим, однако, идеальной параболической кривой, а реальную баллистическую кривую: Леонардо учитывает всегда сопротивление воздуха, благодаря которому имеет место отклонение от идеальной формы параболы. И здесь, как и всюду, Леонардо выступает как наблюдательный эмпирик, чуждый абстрактно-математическому рассмотрению вопроса.

153 Е. 35 г.

О сложном импульсе. Сложным движением называется то, которое причастно импульсу движущего и импульсу движимого, каково движение abc , находящееся между двумя простыми, из коих одно в начале, а другое в конце. ag — в начале, $cdec$ — в конце. Первое повинуеться только движущему, а последнее зависит только от формы движимого.



Приводимый чертеж — чертеж игры шара (*ludus globi*), специально изучавшейся Николаем Кузанским в его диалоге *De ludo globi* — произведении несомненно известном Леонардо.

154 Е. 50 в.

О вращательном движении. Волчок, или кубарь, который благодаря быстроте своего вращательного движения теряет ту силу, которую имеет неоднородность его тяжести вокруг центра его вращения, по причине господствующего в этом теле импульса, есть тело, которое никогда не будет клонить к наклонному положению, которого хочет неоднородность его тяжести, до тех пор, пока сила движущего это тело импульса не станет меньшей, чем эта сила неоднородности.

Но когда сила неоднородности превышает силу импульса, тогда она делается центром вращательного движения, и так тело это, вынуждаемое лечь, до конца расходует при этом центре остаток названного импульса.

И когда сила неоднородности делается равной силе импульса, тогда волчок становится наклонно и обе силы борются в сложном движении и движутся по большой окружности та и другая до тех пор, пока не установится центр второго вида вращения, при котором импульс кончает свою силу.

В этом отрывке ясно намечены три стадии движения: 1) импульс больше силы тяжести и совершенно уничтожает ее действие, 2) импульс равен и меньше силы тяжести, 3) импульс отсутствует, и действует одна сила тяжести. Аналогичные рассуждения находим позднее у Бернардино Бальди (1553–1617), по мнению Дюэма — плагиат из Леонардо.

Кубарь — *chalmone* — местное миланское название, еще поныне употребляющееся (может быть, венецианско-греческого происхождения).

155 F. 13 r.

Рука, вращаемая круговым движением в сосуде наполовину с водою, производит временный (accidentale) круговорот, который откроет воздуху дно этого сосуда, и, когда движущее остановится, водоворот этот продолжит то же движение, но будет все убывать, до прекращения импульса, сообщенного ему движущим.

156 F. 15 r.

Возможно в одной и той же большой водной поверхности (relago) поверхность воды, образующую дно водоворота, сделать ниже, чем та поверхность, о которую ударяется другая впадающая вода. Способ осушать пруды, граничащие с морем.

Практическое приложение принципа, формулированного в предыдущем отрывке: направо находится море, налево — пруд; при образовании водоворота уровень моря на дне воронки понижается и вода из пруда по трубе может перетекать в море.

157 I. 78 v—r.

Иногда наблюдаются многочисленные водовороты на краях большого потока воды, и чем более подходят они к концу потока, тем бóльшими становятся. Они создаются на поверхности водами, поворачивающимися назад после произведенного более быстрым потоком удара. Воды, медленно движущиеся, ударяемые быстро движущейся массой жидкости, тотчас же меняют свое движение и приобретают указанную скорость, почему соприкасающаяся и примыкающая вода увлекается за ними насильно и отторгается от остальной; так последовательно вся эта медленно двигавшаяся вода приобрела бы быстрое движение, если бы такой поток способен был всю эту воду принять,

не поднимаясь выше; а так как это невозможно, то воде этой необходимо повернуть назад и израсходовать в себе самой подобные быстрые движения. Оттого названные водовороты, различно кружась, движутся, расходуя начальные импульсы. И не остаются на месте, но, образовавшись в таком кружении, уносимы они напором воды, не меняя очертаний, почему будут сразу совершать два движения, одно — вращательное в себе, другое по течению воды, которое переносит их до тех пор, пока не разрушит.

Это образование водоворотов при соприкосновении потока воды с водой стоячей было позднее описано Бернардино Бальди (In *mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, напис. в 1582 г., напечат. после смерти автора — в 1621 г.). Дюэм предполагал непосредственное знакомство Бальди с манускриптом Леонардо.

158 A. 43 v.

Средина прямого пути, совершаемого тяжелыми телами, которые насильственным движением проходят сквозь воздух, будет наибольшей силы и наибольшего удара в прямо противоположной части, нежели в какой иной части.

Причина этого та, что, когда груз выбрасывается силою своего движителя, он, хотя это выбрасывание и находится на первой ступени своей силы, встречая воздух без движения, находит его в первой стадии своего сопротивления, и хотя бы этот воздух оказывал сумму сопротивления бóльшую, нежели сила тяжести тела, в нем толкаемого, тем не менее телу, воздействуя лишь на малую часть этого воздуха, удастся остаться победителем; почему сгоняет оно воздух с его места и, гоня, создает некоторую помеху собственной скорости. Воздух этот, будучи таким образом толкаем, толкает и гонит другой и производит

за собой круговые движения, при которых движущийся в нем груз всегда оказывается центром, наподобие образуемых в воде кругов, которые делают своим центром место, куда ударился камень. В то время как каждый круг таким образом гонит другой воздух, находящийся перед своим движителем, весь по этой линии оказывается подготовленным к движению, которое тем более возрастает, чем более приближается груз, который он гонит; поэтому-то тяжесть, находя меньше сопротивления в воздухе с большей быстротой, удваивает скорость своего движения, наподобие влекомой по воде барки, которая с трудом движется при первом движении, хотя то, что ее движет, и находится в наибольшей своей силе; но, когда вода с дугообразными волнами начинает набирать движение, барка, следуя этому движению, находит слабое сопротивление, почему движется с большей легкостью.

Приведенный отрывок, как и отрывок 160, показывает, что теория Леонардо не есть теория *impetus*'а в чистом виде (см. примеч. к 111), а усваивает некоторые элементы старой Аристотелевой теории, приписывавшей сохранение движения воздуху. Более точно: сохранение движения объясняется импульсом (*impeto*), явление ускорения — действием воздуха. Подобная теория была развиваема уже в 1-й половине XIV в. (Вальтер Бурлей, Иоанн Иандун и др.). В качестве основоположника ее Дюэм указывает Фому Аквинского (ср. в комментарии к книгам «О небе и мире»: в середине движения скорость больше, чем в начале, когда приведено в движение незначительное количество воздуха, и чем в конце — когда импульс, сообщенный телу, начинает ослабевать). Кардан (1551), знакомый с рукописями Леонардо, развивает позднее подобные же мысли.

159 Е. 70 v.

О вещах, которые падают в воздухе. Воздух уплотняется впереди тел, которые с быстротой проходят его, делаясь тем бо-

лее или менее плотным, чем скорость более или менее стремительна.

Доска однородной ширины, длины, толщины и веса на большом протяжении не сохранит начального своего наклонного движения в проходимом ею воздухе, но повернется назад и затем вперед и так извивающимся движением кончит спуск свой. И происходит это оттого, что воздух уничтожает свою однородную естественную плотность, уплотняясь под прямым углом к лицевой стороне доски, лицевой стороне, которая ударяет и рассекает этот воздух. Но на противоположной стороне такой доски делает он обратное, так что разреженный воздух имеет меньшее сопротивление, и по этой причине эта сторона являет себя более тяжелой. Гораздо больше разреженность, которую находящийся за названной доской воздух приобретает, нежели то уплотнение, которое возникает спереди этой доски. Доказательство, почему воздух уплотняется: воздух уплотняется впереди проходящих сквозь него тел потому, что, кто толкает одну часть, не толкает всего находящегося впереди. Этому учит нас подъем воды, образующийся впереди корабля.

160 М. 46 r.

Свободно падающая тяжесть приобретает с каждой единицей движения единицу веса. Это вытекает из 2-го [положения] 1-й [книги], гласящего, что то тело будет тяжелее, у которого сопротивление меньше. В этом случае свободного падения тяжелых тел ясно видно из уже приведенного опыта с волной воды, что воздух такую же волну образует под падающей вещью, ибо оказывается толкаемым и с другой стороны увлекаемым, то есть образует круговую волну, помогающую толкать

вниз. И вот по этим причинам воздух, устремляющийся вперед от гонящего его груза, ясно показывает, что ему не сопротивляется и, следовательно, что этому движению не мешает; потому, чем более опускается движущаяся быстрее движущей ее тяжести волна, тем дольше продолжается движение этой тяжести; и чем более последняя волна от нее удаляется, тем более облегчает она движение воздуха, соприкасающемуся с грузом.

Положение «тяжесть тем быстрее движется, чем дальше падает» является 5-м в сочинении о тяжести (*Opusculum de ponderositate*), приписываемом знаменитому механику Средневековья Иордану из Неморы (XII в.) и изданном Курцием Траяном в Венеции в 1565 г. Дюэм предполагал, что в этом произведении объединены сочинения трех авторов: Иордана, анонимного «предшественника Леонардо» и анонимного «предшественника Стевина». Однако Марколонго (1932) считает возможным приписать его целиком Иордану. «Предшественник Леонардо» (или Иордан) утверждает, что тяжелое тело, падающее в воздухе, увлекает находящийся за ним воздух и толкает воздух, находящийся впереди; от этого сопротивление воздуха убывает, а «тяжесть» становится больше; среда получает все больший импульс и начинает не только испытывать действие падающей тяжести, но и увлекать ее.

161 Е. 80 г.

Воздух, облегающий тела, движется ли вместе с этими телами? Воздух, окружающий тела, движется вместе с этими телами, что показывает нам опыт, когда конь бежит по пыльным дорогам.

Движение воздуха быстрее ли того, что приводит его в движение? Воздух никогда не будет равной скорости с тем, что приводит его в движение, и это показывают нам движения уже названной, следующей за бегом коня пыли, которая в крат-

чайший промежуток движения поворачивает назад вихревым движением и в нем расточает до конца свой импульс.

Характерное для Леонардо переплетение абстрактно-объяснительных и чувственно-наглядных моментов.

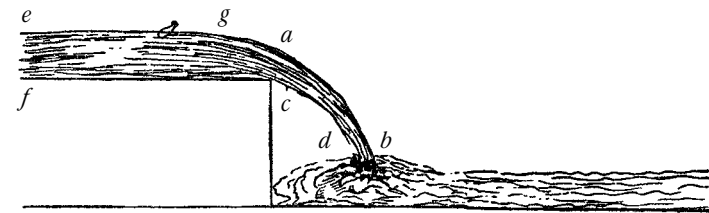
162 Нз. 6 г.

Верхняя вода будет более быстро опускаться, чем нижняя.

Ср. Т. А. V, 4.

163 Т. А. V, 5.

Во всяком течении воды вблизи ее падения изгиб склона начнется раньше на поверхности, чем на дне. Доказывается предыдущим, так как если верхняя вода ab быстрее нижней cd , то вода ea будет быстрее увлекаема водою ab , нежели вода fc водою cd , и, следовательно, изгиб склона ранее начнется на поверхности, в точке g , нежели на дне, где он начинается в точке c .



Доказывается предыдущим — см. предыдущий отрывок.

164 С. А. 126 v. a.

Спрашивается здесь: если сосуд будет продырявлен на дне равными отверстиями наподобие решета, то какое из отверстий выльет больше воды в равный промежуток времени? Ты так поступишь для проверки на опыте и установления правила.

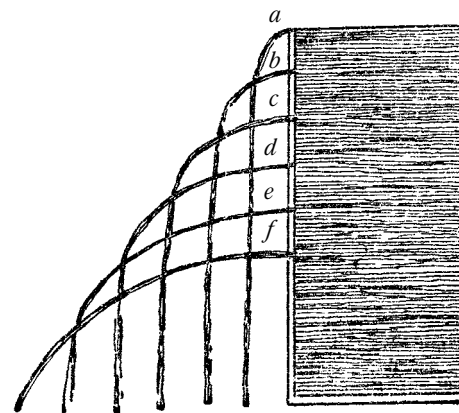
Открывай одно отверстие зараз и определяй, сколько весит вода, вытекшая с высоты одного локтя — или большей, или меньшей, как угодно, — и затем закрой его, и то же сделай с другими, закрывая одно за другим те, с которыми ты опыт уже произвел. Но позаботься, чтобы в сосуд доливалась другая вода без всякого толчка, дабы нигде не производить давления на дно принимающего ее сосуда, и чтобы в сосуде этом было по весу всегда столько же воды; и для этого надобно, чтобы сосуд, принимающий воду, был отделен от того, из которого она наливается.

То же в Т. А. VIII, 2, где имеется следующее заключение: «Сделав вышеуказанный опыт, ты скажешь на основании предыдущего, что отверстие в той части дна, которая более удалена от центра поверхности воды, вылет воды более. И это потому, что она более будет толкаема, как доказано». Ссылка на предыдущее имеет в виду Т. А. VIII, 1, которой соответствует А. 25 в., где читаем: «Всякое жидкое тело, которое будет способно к движению, будет больше ударять и толкать ту часть окружающей его стенки, которая более будет удалена от центра его поверхности — более, чем любая другая часть его сосуда».

165 Ф. 53 г.

У воды, уровень которой не опускается ниже определенной высоты, количество выливающейся через данное отверстие в данное время воды будет таково, какова высота этого отверстия. Я утверждаю, что если *b* выливает в определенное время определенное количество воды, то *c* вылетит в то же самое время воды вдвое больше; ибо над *c* тяжесть воды вдвое бóльшая. И соотношения между весами здесь не такие, какие у плотных и цельных предметов, падающих в воздухе, так как вода, ударяя о воздух, делает в нем сплошное отверстие. А вещь плотная и цельная, постепенно опускающаяся в воздухе, рассекает перед собою воздух, который оказывает некоторое сопротивление и

потому несколько сгущается и потому не дает прохода движущемуся телу определенной длины, как воде, имеющей длину неопределенную.



То же в Т. А. VIII, 17. Как известно, истинное соотношение определяется из формулы: $Q = \mu \times \omega \times \sqrt{2gH}$, где Q — расход жидкости, μ — коэффициент расхода, ω — площадь отверстия и H — напор или высота жидкости.

Отсюда $\frac{Q}{Q_1} = \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{H_1}}$, а не $\frac{H}{H_1}$, как утверждает Леонардо.

166 А. 59 г.

Что такое пена воды? Вода, которая падает с высоты в другую воду, заключает в себе известное количество воздуха, каковой благодаря удару погружается вместе с нею и вновь быстрым движением взлетает вверх, достигая покинутой поверхности, будучи облеченным тонкой влагой в сферическое тело, распространяясь кругообразно от первого удара.

Или, вернее, вода, которая падает на другую, удаляется от своего места и разнообразными и различными ветвлениями,

двоящимися и загибающимися, идет, сплетаясь и переплетаясь, и, когда они отражаются на поверхности воды силою тяжести и удара, этой водой произведенного, у воздуха из-за крайней быстроты нет времени вырваться к своей стихии, но погружается он вышеуказанным способом.

То же в Т. А. V, 44. Один из многочисленных гидродинамических отрывков Леонардо с характерным чувственно-наглядным описанием.

167 Из. 61 г.—60 в.

Вода, что падает с высоты одного локтя, никогда не вернется на подобную высоту, разве что мелкими каплями, которые взлетят гораздо выше, так как отраженное движение будет гораздо более быстрым, нежели движение падающее. В самом деле, когда вода падает, она погружает вместе с собою большое количество воздуха, и, после того как вода испытала удар, она отскакивает к своей поверхности с импульсом, делающим движение почти столь же быстрым, сколь было движение падения. Однако столь же быстрым не будет оно по причине, указанной во 2-й [главе] 7-й [книги], гласящей: движение отражения никогда не будет столь же быстрым, сколько было падение вещи, которая отражается, и поэтому последующее отражение никогда не будет равно своему предшествующему. Так что отражение, совершаемое водою, уходит от дна, где было произведено, с быстротой не совсем той же, с какой произведено было; но к этому прибавляется вторая скорость, которая это движение увеличивает, и это тот воздух, который погружается вместе с падением воды, воздух, который, будучи облекаем водою, бурно взлетает, и к своей взматается стихии, наподобие ветра, нагнетаемого кузнечным мехом, и с собой уносит последнюю, граничащую с поверхностью, воду, и благодаря такому

приращению заставляет ее взметаться гораздо выше, чем она должна бы по своей природе.

То же в Т. А. V, 51, где сравнение с кузнечным мехом отсутствует. В другом отрывке (Из. 21 в.—Т. А. V, 52) Леонардо с обычной для него образностью говорит о воздухе, который выходит из воды, как молния из туч.

168 С. А. 209 в.

Всякое трущееся тело оказывает сопротивление в том месте, где трется, четвертою частью своей тяжести (*gravezza*).

Из других текстов видно, что Леонардо считал этот коэффициент приблизительным. Для трения дерева о дерево, о камень и о железо, с чем преимущественно приходилось иметь дело, коэффициент в общем правилен.

169 С. А. 198 в.

Трение гладких тел тем меньшего сопротивления будет и тем большей грузности, чем менее наклонно место, по которому совершается движение,— в случае когда движущее находится выше движимого. Трение гладких тел будет тем меньшего сопротивления и грузности, чем менее наклонно место, по которому совершается движение,— в случае когда движущее находится ниже движимого.

Если гладкий наклон располагает гладкое тяжелое тело действовать одною четвертою его тяжести по линии его движения, тогда тяжесть эта сама по себе расположена к движению вниз.

Наклон плоскости Леонардо измеряет отношением длины к вертикали.

Ему известно также, что составляющая силы тяжести, параллельная плоскости (то, что Леонардо называет «грузностью», или *peso*),

обратно пропорциональна наклону. В первом случае (движущее выше движимого) тело тянут вверх, во втором (движущее ниже движимого) его тянут вниз, следовательно, приложенная сила имеет или противоположный знак с «грузностью», или одинаковый с ней. Таким образом, она вынуждена или преодолевать «грузность», или суммироваться с ней. Вот почему в первом случае «грузность», чем больше наклон, тем больше, во втором тем меньше.

170 F. 56. v.

О трении небес, — производит ли оно звук или нет. Всякий звук причиняется воздухом, ударяющимся о плотное тело, и если будет произведен двумя тяжелыми телами совместно, то происходит это благодаря воздуху, который их окружает, и такое трение стирает трущиеся тела. Отсюда следовало бы, что небеса при своем трении, не имея между собою воздуха, звука не произвели бы, и, существуя такое трение в самом деле, за столько столетий, в течение коих эти небеса вращаются, они были бы истерты столь огромной быстротой, совершающейся изо дня в день. И если бы они звук все же производили, то распространяться он не мог бы; ибо звук столкновения и под водой малоощутителен, а в плотных телах мало или совсем не ощущался бы. Кроме того, в гладких телах трение их не производит звука, что равным образом привело бы к отсутствию звука при соприкосании или, вернее, трении небес. И если небеса эти не были отполированы при соприкосании своего трения, следует, что будут они бугристы и шероховаты; поэтому соприкосание их не сплошное, а если так, то образуется пустота, которой, как заключают, в природе нет. Итак, следует, что трение уже стерло бы границы каждого неба и, насколько быстрее движется небо у середины, чем у полюсов, настолько быстрее оно у середины, нежели у полюсов, стиралось бы; а потому больше уже не тер-

лось бы, и звук прекратился бы, и танцоры остановились, разве что небеса вращались бы одно к востоку, а другое к западу.

Дюэм усматривал в этом отрывке, как и во многих других, влияние Альберта Саксонского, у которого читаем, что быстрое движение производит звук при наличии трения, сотрясения воздуха и др. условий; но в небесных телах трения нет, потому что они гладки и ровны, нет также сотрясения воздуха. Гораздо вероятнее, однако, непосредственное влияние Ристоро д'Ареццо (*La composizione del mondo*, 1282), который также в своей аргументации говорит об отсутствии воздуха и о гладкости небесных тел.